

煙火用色光剤に関する研究

第5報 青光剤に関する炎光スペクトルに就いて

(昭和33年9月20日 受理)

清水 武夫

(細谷火工株式会社)

I 緒 言

本報に於いては青光剤について前報と同じく基本的な配合に関しその炎光スペクトルの状態を調査し、使用薬品の種類、配合組成等による影響を確認し和剤の改良に資することを目的とする。

II 試料用薬品の準備、実験装置等

試料用薬品の準備については炎色剤以外に関しては第3報にて述べた。炎色剤に関しては次の如くである。

青光剤

硫酸銅 市販試薬特級品を用いた。

塩化第二銅 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 12N塩酸に塩基性炭酸銅を仕込み、炭酸ガスを放出しなくなったとき液を濾過し三回再結晶させ 60°C にて乾燥した。

修酸第一銅 $\text{Cu}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 市販試薬特級硫酸銅溶液に修酸アンモニウムを作用させ、生じた微細な沈澱を自然沈降させ傾斜法によって液を分離し、この方法にて四回水洗した。沈澱は濾紙を通過するのでこの方法によつた。副生したアンモニウム塩を完全に除去することは困難であつた。

塩基性炭酸銅 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 試薬特級硫酸銅の溶液に炭酸アンモニウムを加え、生成した沈澱をNessler 試薬にてアンモニウムの反応が無くなるまで水洗し 60°C にて乾燥した。この方法では一部の炭酸銅は炭酸アンモニウム液に溶解するので収率は小さい。

花緑青 (パリスグリーン) $13\text{CuO} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 + \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

当社にて合成したものを用いた。分析値は $\text{Cu}=22.5\%$ であつた。

亜砒酸銅 (シェーレグリーン) CuHAsO_4 当社にて合成したものを用いた。

実験装置、試料その他は第3報の条件と全く同一である。

III 予備実験による炎色及びそのスペクトルの観察

青光としては銅の炎色を用いる。文献には水銀剤やを用いた配合も見受けられるがこれは現在では殆んど実用されていない。銅の炎色はストロンチウム、ナトリウム、バリウムの炎色の場合より相当に複雑であり発光機構も可なり異なっている。これが為先づ予備的な考察をする為二三の基礎実験より始める。

3.1 バーナー炎による銅の炎色の観察とそのスペクトル

(1) 塩化ナトリウム (試薬特級) を三角フラスコに充しこれに濃硫酸を注いで加熱し乾燥した塩酸ガスを発生させる。これを 1l の三角フラスコに導いて塩酸ガス溜とし硝子板の蓋をする。一方直径 2mm の電線用銅棒を準備しておく。銅棒を塩酸ガス中に挿入し表面を塩化銅とし次いで殆んど無色のガソリンバーナーの炎の中に挿入する。銅棒を挿入した部分より上部の炎は淡緑色に着色する。このスペクトルを撮影すると写真1の如くなる。

写真1 ガソリンバーナーの炎による塩化銅
スペクトルの撮影 (2時間露光)



これは波長 $5170 \sim 5310 \text{\AA}$ の弱い連続スペクトルの如くである。

(2) このように炎色は最初緑色であるが数秒後には緑色が終つて次いでその部分が赤橙色に変化する。即ちこの変化は銅棒に附着していた塩化銅が揮発し終つたことを示すものであろう。この赤橙色の炎に対して同一分光器で2時間の露光を行つたが遂に乾板に感光しなかつた。

(3) 先述した塩酸ガス発生装置よりノズルによつ

て炎中に塩酸ガスを吹込むと吹込み口の混合部は淡い緑光を放つ。次いでこの上に無処理の銅棒を挿入すると炎は極めて美しい青色に着色する。このスペクトルを撮影すると写真2上段の如くなる。

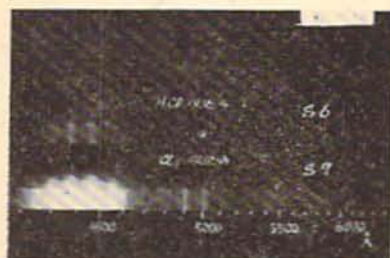


写真2 ガソリンバーナーの炎による塩化銅スペクトルの撮影、炎中塩酸及び塩素ガス吹込みの場合(S6:27分 S7:24分露光)

(4) 塩酸ガスの代りに乾燥した塩素ガスを炎中に吹込むと二者の気体が混合する部分にて炎中の炭素が近距離して黄色の火花状の発光を呈するが、その上部に銅棒を挿入しても(3)に於けると全く同様の青光が得られる。写真2, 下段参照。

3.2 配合と剤による実験

(1) 過塩素酸アンモニウムにセラックを加え(5:1の割合)これの燃焼炎中に無処理の銅の細線を挿入すると炎は美しい青色を呈する。この炎色と3.1(3), (4)に於ける炎色とは色調が全く同一である。またこの際炎の先端は赤橙色に着色する。この色調は3.1, (2)に於ける炎色のそれと全く同一である。

(2) 過塩素酸カリウムにセラックを加え(5:1の割合)これに10%の塩基性炭酸銅を加えその燃焼炎を観察すると淡緑青色である。これに塩酸ガスを吹込む

と吹込みの上部は美しい青光を呈し、且炎の先端は赤橙色となる。即ち図1の如くなる。

3.3 考察

以上の実験によつて銅を含んだ炎より得られる色調には三種類があることがわかる。即ち淡緑、青、赤橙色である。煙火用としては青色光のみが重要である。而して以上の実験により淡緑色光は塩酸ガスの存在で消滅可能であり、青色光は塩酸ガスの存在で最も鮮明に発現し得る。この場合赤橙色は消滅出来ないが強度が弱いので遠距離よりの観察に支障を来すことはない。

銅塩に関する青色炎は CuCl バンドスペクトルによるものとして知られている。然しながら上記の実験により淡緑色炎も塩化銅スペクトルによるのであろうからこれ等の塩化銅は結合状態即ち電子頂のエネルギー状態を異にしているのであろう。赤橙色炎はその原因が明かでない。金属 Cu となす説もあるが、炎の最先端に現われるのが一般であるから CuO に原因するものかも知れない。

IV 塩化銅バンドスペクトルの検討

このスペクトルについては既に R. Ritschl¹⁾ によつて解析されている。その構造を示すと次表の如くなる。

表1 R. Ritschl による CuCl バンドスペクトルの解析結果, Å 単位

1. 5380 (0,1),	5262 (0,0),	5152 (1,0)
2. 4982 (0,1),	4882 (0,0),	4789 (1,0)
3. 4946 (0,1),	4847 (0,0),	4756 (1,0)
4. 4434 (0,1),	4354 (0,0),	4281 (1,0)
5. 4412 (0,1),	4333 (0,0),	4259 (1,0)

即ち五種類の電子頂間遷移が提案されている。然しながらこれを観察するに、この波長の値は実際のものよりややずれており、且これ以上の強力なバンドが洩れている。実際に現われるバンドはその波数差が全体に亘り類似であり、上記以外の解析の仕方があるのではないと思われる。

CuCl バンドスペクトルは可視部に於いて 4030~5640 Å の間に現われる。而して青色光の主体は 4210より 4589 Å に至る強度大なるバンドの群であり、次に殆んど相似にこれより強度の弱い 4800~5099 Å のバンドの群が続く。而してその相互の波数差は規則正しい。NaD 線より短波長の可視部に於いてバンドの数は31本観測され、その波長と概略の強度とを示せば

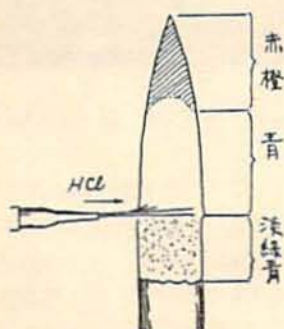


図1 過塩素酸カリウム銅塩と剤の炎中に塩酸ガスを吹込んだときの着色状態

表2及び図2の如くなる。但し表2中◎印は強度最大のもの、○印は強度中等程度のもの、無印は強度が小さく炎色に殆んど影響しないと考えられるものを示す。また*印は表1に対応するバンドを示す。波長はÅ単位。

表2 CuCl スペクトルの波長及び強度の関係

α バンド	1. 4026~4058	β バンド	18. 4769~4781*
	2. 4071~4105		19. 4801~4838*○
	3. 4123~4164		20. 4850~4863*
	4. 4201~4219		21. 4888~4928*○
	5. 4229~4252		22. 4950~4966*
	6. 4269~4277*		23. 4989~5037*○
	7. 4290~4323*4◎		24. 5056~5074
	8. 4340~4343*		25. 5092~5120
	9. 4355~4399*4◎		26. 5151~5169*
	10. 4417~4432*		27. 5190~5225
	11. 4438~4481*4◎		28. 5263~5304*
	12. 4496~4513		29. 5385~5429*
	13. 4526~4560◎		30. 5503~5531
	14. 4590~4608		31. 5628
	15. 4630~4658	連続スペクトル 5263~5531	
	16. 4678~4698		
	17. 4724~4749		

註 連続スペクトル 5263~5531 Å は炎中に HCl 濃度が小さいとき現われる。例えば過塩素酸カリウム剤による炎光スペクトルに於けるが如くである。

表2、図2の区分によつてスペクトルの特性を述べると次のようである。

αバンド：強度が大で且幅λの広い四つのバンド要素α₇、α₉、α₁₁、α₁₃と、更に弱いバンド要素とが交互にほぼ等しい間隔で規則正しい配列をなす。これが青色光の主体であつて、爾後αバンドの強度を現わすにはα₉バンドの強度をもつて代表する。

βバンド：αバンドより弱いのがこれによく似た配列

を示す。強度を表わすにβ₂₁をもつて代表する。

γバンド：極く弱いバンド要素がほぼ等間隔に規則正しい配列をなす。強度を表わすにγ₂₉を以て代表する。

V 低温系青色炎

5.1 酸化剤と助燃剤との配合割合による影響

燃焼に当り塩酸ガスを発生する酸化剤たる過塩素酸アンモニウムを用いた。

表3

No.	配合 (71)				過塩素酸アンモニウム x%	
					セラック y%	
					塩基性炭酸銅 10%	
	x	y	w	L	v	L
229	50	40	23.6	1.06	1.40	30
230	60	30	24.3	1.11	2.20	50
231	70	20	25.9	1.15	2.83	50
232	80	10	26.9	1.22	2.93	20

No.	E	α	β	λ	CS(D)	酸素過不足量
229	257	2.0	弱	0	3.2	-0.674
230	259	2.8	弱	0	3.2	-0.402
231	195	4.7	1.6	弱	弱	-0.130
232	71.4	5.3	2.5	弱	弱	+0.142

註 酸素過不足量は CO₂ まで酸化の場合試料 1 g に対するものを g 数にて示したもの。

表3に於いてはx/yが大となるに従つてαバンドの強度が大となり、またβ、γバンドの強度もほぼ比例的に増す。連続スペクトルの強度はこれと逆にx/yが大となるに従つて小となる。従つて青光としては他の色光炎の場合と同様に温度の影響が著しく酸素がやや過剰の高温に於いて始めて明らかな色調が得られる。

5.2 炎色剤と酸化剤の種類による影響

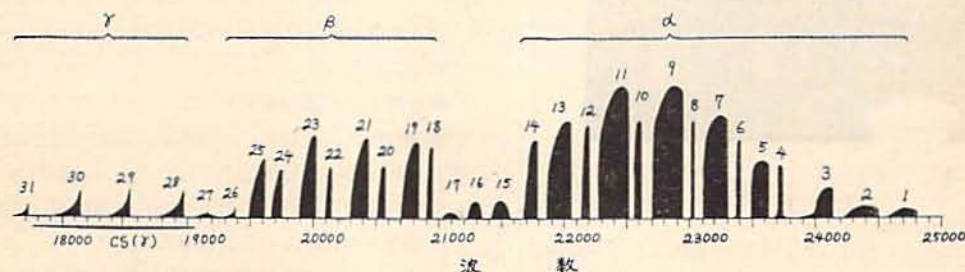


図2 CuCl バンドスペクトル

表4

No.	炎色剤	Cu%	ω	β	γ	ν
261	塩基性炭酸銅	5.75	27.0	1.22	3.35	
262	修酸銅	5.91	27.0	1.23	?	
263	塩化銅	3.73	27.0	1.23	1.16	
264	硫酸銅	2.55	27.6	1.25	1.16	
265	花緑青	2.25	25.5	1.14	1.47	
266	亜硫酸銅	3.39	24.5	1.10	1.46	
267	銅粉 5%	5.26	26.0	1.16	8.33	
268	銅粉 10%	10.00	26.7	1.19	3.61	
No.	L	E	α	β	γ	CS
261	45	140	5.0	2.4	弱	0
262	?	-	3.9	弱	0	0
263	9.0	80	5.8	3.5	弱	0
264	9.0	79.6	5.7	3.5	弱	0
265	15.0	114	5.7	3.7	2.0	0
266	16.8	134	5.6	3.7	2.0	0
267	33.6	42.7	3.9	弱	0	0
268	44.8	133	5.8	3.9	2.5	0

表4に於けるスペクトル写真を掲げると写真3の如くなる。

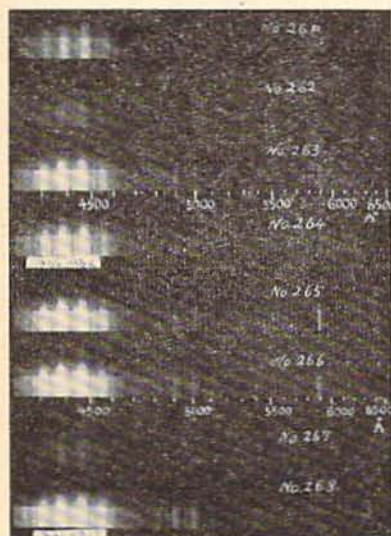


写真3 過塩素酸アンモニウムを酸化剤とする場合のスペクトル

表4に於ける炎色は何れも鮮明美麗なる青色を呈するが就中 No. 263 塩化銅, No. 268 銅粉10%, No. 264 硫酸銅, No. 265 花緑青は何れも大差なく優秀な

発色を示す。No. 262 修酸銅, No. 267 銅粉5% は非常に燃焼が不規則で速く危険である。為に分光器には全部の炎光は導入し得なかつた。

前述の如く、炎色は青光部が主体として現われるが炎の先端は弱い赤橙色に着色する。

表5

	配合 (73)	造塩素酸カリウム	75%
		洋チャン	15%
		炎色剤	10%

No.	炎色剤	Cu%	ω	λ
281	塩基性炭酸銅	5.75	31.0	1.37
282	修酸銅	5.91	30.8	1.40
283	塩化銅	3.73	29.3	1.30
284	硫酸銅	2.55	30.8	1.36
285	花緑青	2.25	-	-
286	亜硫酸銅	3.39	30.8	1.36
287	銅粉 5%	5.26	30.6	1.35
288	銅粉 10%	10.00	31.2	1.38

No.	ν	L	E	α	β_{24}
281	2.10	13.0	79.6	5.4	3.0
282	1.29	36.0	254	5.4	2.6
283	1.52	23.0	149	4.8	弱
284	1.70	20.0	110	4.8	弱
285	1.93	72.0	-	5.5	弱
286	3.00	38.0	181	6.2	3.4
287	1.76	28.8	154	4.8	0
288	1.89	50.4	246	5.0	0

No.	β_{23}	γ	δ	CS(γ)	CS(K)
281	2.3	0	2.0	3.7	やや強
282	2.6	0	2.4	3.8	やや強
283	弱	0	弱	3.0	弱
284	強	0	弱	2.6	弱
285	3.6	0	2.8	3.6	強
286	4.3	0	3.0	4.2	強
287	2.2	0	弱	3.8	やや強
288	2.8	0	弱	3.8	やや強

表5に於けるスペクトル写真を掲げると写真4の如くなる。

酸化剤として過塩素酸カリウムを用いた場合表5の試験範囲では、花緑青、亜硫酸銅、銅粉が最も肉眼に美しく映ずる。過塩素酸アンモニウム(含塩酸ガス)を用いた場合と過塩素酸カリウム(無塩酸ガス)を用いた場合とを比較するに、後者の場合は

- (1) α バンドの強度は前者と大差がない。
- (2) 新たにNaD線よりも長波長のバンド 6070,

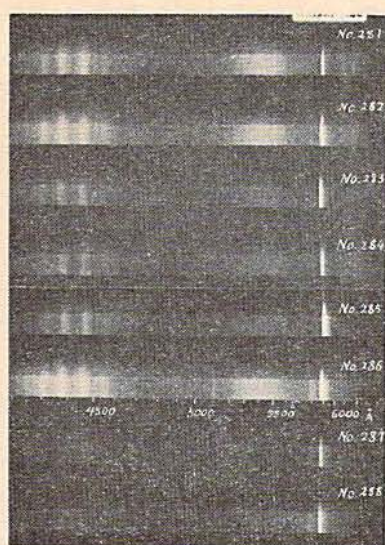


写真4 過塩素酸カリウムを酸化剤とする場合のスペクトル

6150Åが現われる。このバンドを δ と称する。

(3) γ バンドは現われず、この部分に緑光CS(γ)連続スペクトルが強く現われる。

(4) 一般にバンドが明瞭でなくボヤけている。

以上の影響によつてこの炎の色調は白味を帯び且緑色が勝つて見える。即ちこれ等の差異は明らかに塩酸ガスの無い為の影響であることはⅢの予備実験(パーナー炎による試験)によつて明かである。

5.3 助燃剤の種類による影響

表6

配合 (74)		過塩素酸アンモニウム 75%		助燃剤 15%		銅粉 10%	
No.	助燃剤	ω	L	v	L		
313	セラック	30.2	1.34	3.20	72		
314	洋チャーン	28.0	1.24	?	-		
315	松根ビッチ	30.3	1.34	?	54		
316	石炭ビッチ	28.8	1.27	?	-		
No.	E	α	β	γ	δ	CS(γ)	
313	215	4.9	3.1	弱	-	弱	
314	-	-	-	-	-	-	
315	-	5.2	2.7	弱	-	弱	
316	-	-	-	-	-	-	
配合 (75)		過塩素酸アンモニウム 80%		助燃剤 10%		銅粉 10%	
No.	助燃剤	ω	L	v			

321	セラック	31.5	1.48	4.84		
322	洋チャーン	30.3	1.39	5.05		
323	松根ビッチ	32.0	1.42	4.78		
324	石炭ビッチ	31.7	1.44	0.0		
No.	L	E	α	β		
321	43	76.5	-	-		
322	54	98.0	-	-		
323	43	80.6	-	-		
324	-	-	-	-		

表6の試験は一般に燃焼が不安定であり、No. 314, 316, 321~324は燃焼が不規則でその速度が極めて速く写真撮影によるスペクトルの強度測定は不可能であつた。過塩素酸アンモニウムの分量を益すに従つてこの場合の傾向が強くなる。助燃剤としてはセラック、松根ビッチが比較的燃焼が安定である。この場合のスペクトルの状態は大差がない。

表7

配合 (76)		過塩素酸カリウム 75%		助燃剤 15%		銅粉 10%	
No.	助燃剤	ω	L	v	L	E	
317	セラック	31.8	1.41	1.80	29.0	146	
318	洋チャーン	30.2	1.34	1.96	36	175	
319	松根ビッチ	32.0	1.47	2.24	54	209	
320	石炭ビッチ	31.8	1.41	2.03	68	304	
No.	α	β_{24}	β_{25}	γ	δ	CS(K)	
317	5.7	3.8	5.2	5.2	4.6	強	
318	5.3	3.5	4.3	5.0	3.8	×	
319	5.6	3.4	3.8	4.8	4.4	×	
320	5.7	3.2	4.0	4.8	4.8	×	
配合 (77)		過塩素酸カリウム 80%		助燃剤 10%		銅粉 10%	
No.	助燃剤	ω	L	v	L	E	
325	セラック	32.0	1.61	1.74	7	31.7	
326	洋チャーン	31.9	1.49	1.37	18	64.9	
327	松根ビッチ	31.5	1.59	2.33	36	123	
328	石炭ビッチ	31.7	1.64	1.94	36	144	
No.	α	β_{21}	β_{25}	γ	δ	CS(K)	
325	5.1	弱	弱	3.4	2.1	弱	
326	4.7	弱	弱	3.4	2.6	弱	
327	5.5	2.0	2.0	3.3	3.5	弱	
328	5.0	弱	2.0	3.9	3.5	弱	

表7について配合(76)と(77)とを比較するに後者の方がバンドは鮮明に現われるがやや弱い。助燃剤

の種類については松根ピッチ、石炭ピッチが強度の大きなバンドを与えるが連続スペクトルも強いので炎は白色を帯びる。

5.4 塩素又は塩酸ガスを発生する助燃剤の影響

過塩素酸カリウムを酸化剤とする和剤は全般的にバンドが鮮明でなく、且 α , β バンドのほか CS(γ), δ が現われる。これが為に炎色は緑光を含んだ白光に近い状態に見えるのであるが、これに塩素又は塩酸ガスを供給し得る物質を添加すれば如何になるかを試験した。但しこれの多量の混入は燃焼温度を低下するのでこのことには自ら制限がある。

表 8

No.	添 加 剤	Cl% (HCl%)	ω	J	v	L
237	—	—	30.5	1.53	2.71	77
238	塩化ビニール	(2.92)	31.6	1.45	2.45	83
293	B.H.C.	3.66	32.0	1.49	2.04	54
294	塩化アンモニウム	(3.34)	32.3	1.43	1.76	18

No.	E	α	β_{21}	β_{23}	γ	δ	CS(K)
237	237	6.7	3.6	3.9	4.5	3.9	強
238	296	5.9	3.7	3.7	4.3	3.5	△
293	226	6.4	4.9	4.2	4.6	4.0	△
294	90	6.4	4.4	4.0	4.1	3.0	△

表 8 によれば、添加助燃剤の量がこの程度では明かな影響が現われない。しかしこれ以上の量を加えることは燃焼温度の低下を来しバンドの強度を減ずるから好ましくない。よって低温系に於いて塩素又は塩酸ガスを発生すべき添加剤を加えることにはあまり効果は期待されない。

Ⅶ 高温系青色炎

塩化銅バンドスペクトルを利用する高温系青色炎はストロンチウム、バリウム等に関するバンドスペクトルを利用するものと発光条件が異なる。

6.1 酸化剤と助燃剤との配合比及び酸化剤の種類による影響

表 9

配合 (79)	過塩素酸アンモニウム	$x\%$	マグネシウム	$y\%$	塩化ビニール	10%	花緑青	10%

No.	x	y	ω	α	β_{23}	γ	δ	CS
418	60	20	8.4	5.4	2.7	弱	0	弱
419	40	40	8.3	5.4	2.7	0	0	稍弱
420	20	60	7.9	4.1	弱	0	0	強
421	20	60	7.3	0	0	0	0	強

配合 (80)

- 過塩素酸カリウム $x\%$
- マグネシウム $y\%$
- 塩化ビニール 10%
- 花緑青 10%

No.	x	y	ω	α	β	γ	δ	CS(K)
422	60	20	9.2	6.0	0	0	?	強
423	40	40	8.6	6.0	0	0	?	△
424	20	60	7.8	4.9	0	0	?	△
425	20	60	7.6	0	0	0	?	△

表 9 の中で No. 421, 425 の二つはブランク試験であつて花緑青を含まぬものである。以上のスペクトル写真を示せば写真 5 の如くである。

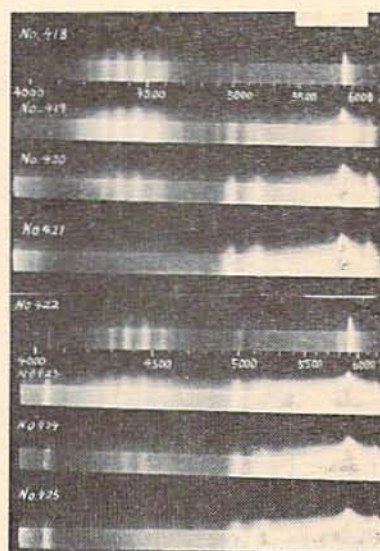


写真 5 酸化剤とマグネシウムとの配合割合による CuCl バンドの変化する状況

表 9, 配合 (79), (80) を通じて α バンドの強度は x/y が減ずるに従つて著しく弱くなる。これは SrO, BaCl バンド等とは全然異つた性質であつて、CuCl はマグネシウムの分量を増加するに従つて MgCl の生成に Cl が消費される為か分解する性質があるようである。従つて高温系には明るい青光は CuCl バンドを利用する限り得られないことになる。

酸化剤が過塩素酸カリウムの場合には連続スペクトル CS(K) が強い為に十分に鮮明な青光が得られない。

表10

配合 (81)	硝酸カリウム		50%
	マグネシウム		30%
	銅 塩		20%

No.	銅 塩	ω	J	r	L
207	塩基性炭酸銅	10.2	1.49	2.91	800
208	塩 化 銅	9.7	1.30	4.04	800

No.	E	α	β	γ	δ	CS(K)
207	2740	0	0	0	0	4.1
208	1980	0	0	0	0	3.4

表10, 配合(81)は無塩素であつて Cu に著くバンドは現われない。これは当然のことではあるが, 既に述べた Cu によるバンドが塩化銅によるバンドであることの確証となる。而してたとえ添加銅塩に塩化銅を用いても塩化銅バンドが現われないのは Cl が MgCl の形成に消費されるためであろうか。

6.2 炎色剤の種類による影響

表11

配合 (82)	{	過塩素酸カリウム	60%
		マグネシウム	10%
		塩化ビニール	10%
		炎色剤	20%

No.	炎 色 剤	Cu%	ω	J	v
185	塩基性炭酸銅	11.49	10.2	1.55	1.28
186	修 酸 銅	11.82	10.6	1.57	1.22
187	塩 化 銅	7.45	9.8	1.29	1.07
188	硫 酸 銅	5.09	10.3	1.38	1.03
189	花 緑 青	4.50	10.6	1.52	2.26
190	亜 砒 酸 銅	6.78	10.5	1.39	2.04
191	銅 粉 5%	5.88	9.0	1.45	2.65
192	銅 粉 10%	11.11	9.5	1.32	3.65

No.	L	E	α	β	r	δ	CS(K)
185	300	2532	弱	0	0	0	0
186	30	246	弱	0	0	0	0
187	10	93	微弱	0	0	0	0
188	10	97	0	0	0	0	0
189	150	665	3.6	弱	0	0	0
190	100	490	3.4	微弱	0	0	0
191	200	755	2.9	▲	0	0	0

192 320 876 4.0 弱 0 0 0

表11, 配合82に於いて発色能力の最も大きいのは銅粉10%の場合であり, 次には花緑青, 亜砒酸銅の順序である。

6.3 無塩素酸化剤を用い塩酸ガスを発生する添加助燃剤を加えた場合

配合 (83)	硝酸カリウム		40%
	マグネシウム		60%
	銅 粉		10%(外挿)
	塩化ビニール		x %(外挿)

$x=20, 30$ として試験したがこの場合は CuCl バンドは全く現われなかつた。恐らくは No. 187 と同様に Cl は MgCl の形成に消費されるのであろうか。

VII 結 論

以上に於いて実用上最も重要な事項を掲げると次の如くなるであろう。

(1) 低温系に於いて青光の主体たる CuCl α バンドのみが最も強く明瞭に現われる条件は炎中に塩酸ガスが存在することにある。而してこの条件は目下のところ過塩素酸アンモニウムを酸化剤とすることによって充される。塩酸ガスを供給し得ない酸化剤を用いるときは α バンドの強度を著しく低下し, 他の長波長バンド, 特に含塩素酸化剤の場合は緑光連続スペクトル CS(r) の強度が強くなり, 炎色は緑白色に近づく。

(2) 高温系にあつては CuCl バンドの強度はマグネシウムの量を増すに従つて低下し分解することを示す。従つて高温系にて光度の大なる青光を得ることは CuCl バンドを利用する限り困難である。

文 献

- 1) 筆者, 花火 p. 35 (昭和32年)
- 2) 同上, p. 37 (昭和32年)
- 3) 西沢勇志智, 花火の研究 p. 157 (昭和13年)
- 4) J. W. Mellor, A Comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry III, p. 48 (1923).
- 5) Börenstein, Physikalische Chemische Tabellen, I, S. 862.

Studies on Colour Flame Composition of Fireworks

5. On Flame Spectra of Blue Colour Composition

by Takeo Shimizu

We can see three kinds of flame colour i. e. blue, light green and reddish orange when we insert a small copper piece into a flame of a burner. The blue colour is caused by CuCl bands, and the strongest lines between 4269~4560Å. Our purpose is to use this colour to fireworks. This is given by some copper salts or copper metal powder in presence of chlorine or hydrochloric acid gas, but if concentration of gas is the small the blue colour is disturbed by light green colour, which seems to be caused by a continuous

spectrum of other copper chloride bands (5263~5531Å).

The flame spectra are examined under various conditions. In case of low temperature class, ammonium perchlorate is the best oxidizer and gives excellent bright blue. In case of high temperature class it is necessary to decrease the percentage of magnesium powder, because the CuCl bands seem to dissociate with increasing of magnesium.

(Hosoya Fireworks Co. Ltd.)

第6報 アルミニウムを助燃剤とする場合に於ける炎光スペクトルに就いて

I 緒 言

前報までに於いては高温系炎光スペクトルに関しマグネシウムを助燃剤とする場合について述べた。本報ではマグネシウムの代りにアルミニウムを用いた場合は如何になるかを知る為に二三の実験により検討を試みた。実験の方法、試料の構造等に関しては前報までに於けると全く同様である。

アルミニウムをマグネシウムの代りに用いた和剤の炎はこれまでに述べたものと甚だ異つてゐる。即ち炎中にアルミニウムの多量の液滴を生じ之が飛散して火の粉を生ずるが如く観察される。即ちアルミニウムはマグネシウムよりも沸点が高く、為にマグネシウムの如く蒸発が完全に行われない為であろう。(Mgの沸点 1110°C, Alの沸点 1800°C) 従つて炎色剤を和剤中に混入してもその効果はマグネシウムの場合ほど明瞭に現われない。

II 実験結果とその考察

次の配合(84)にて試験した結果は表1の如くとなつた。

表1

No.	炎 色 剤	配合 (84)				J
		x%	y%	ω	ω	
193	炭酸ストロンチウム	60	20	9.0	1.18	
194	〃	30	50	8.0	1.05	
195	炭酸ナトリウム	60	20	9.3	1.22	
196	〃	30	50	8.3	1.09	
197	炭酸バリウム	60	20	9.3	1.18	
198	〃	30	50	8.3	1.09	
199	塩基性炭酸銅	60	20	9.1	1.20	